

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-003029

(43)Date of publication of application : 07.01.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/08  
H01L 21/027

(21)Application number : 10-183318

(71)Applicant : HOYA CORP

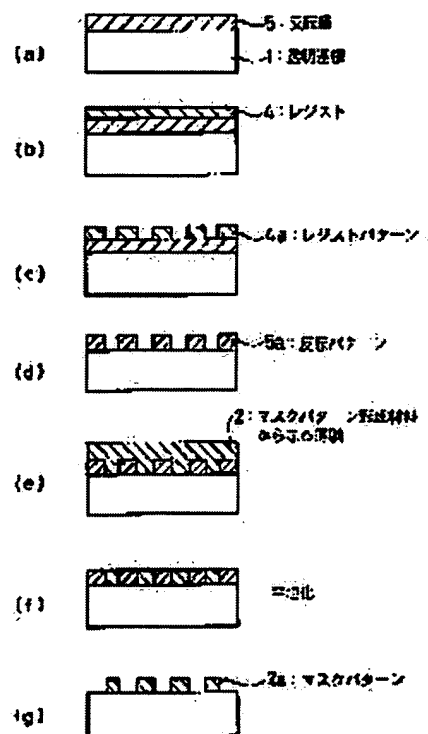
(22)Date of filing : 15.06.1998

(72)Inventor : MITSUI HIDEAKI  
TAKEUCHI MEGUMI  
NOZAWA JUN

## (54) PHOTOMASK AND PRODUCTION OF PHOTOMASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a producing method of photomask which can deal with requirement for a high accuracy and large sized photomask and which reduces influences on the global environment. SOLUTION: A reversal pattern 5a in a positive-negative reversal relation to the desired mask pattern as a finish product is formed on a substrate which is transparent with respect to desired exposure light (d). Then, a thin film 2 of a material to be formed into the desired mask pattern is deposited on the substrate with the reversal pattern (e). The thin film layer is removed to expose the reversal pattern 5a under the thin film layer (f). The reversal pattern 5a exposed is selectively removed to leave the mask pattern 2a (g). Thus, the photomask having the mask pattern 2a consisting of the desired material is produced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	L 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P 5 F 0 4 6
			5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-183318

(22) 出願日 平成10年6月15日(1998.6.15)

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 三ッ井 英明

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(72) 発明者 竹内 恵

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

(74) 代理人 100103676

弁理士 藤村 康夫

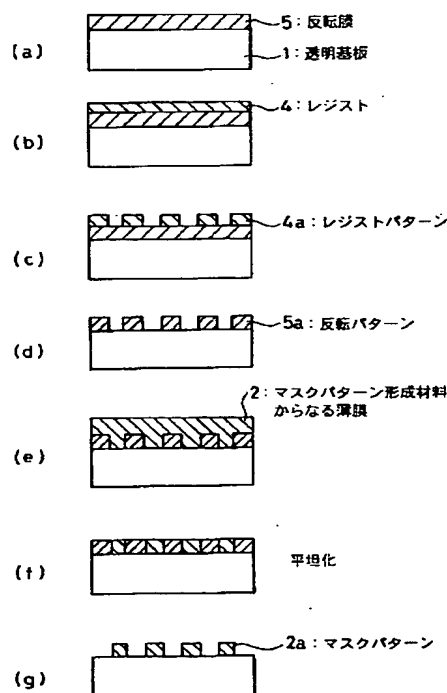
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 フォトマスク及びフォトマスクの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 マスクの高精度化、大型化に対応可能であるとともに、地球環境への影響を低減できるフォトマスクの製造方法等を提供する。

【解決手段】 所望の露光光に対して透明な基板1上に、最終的に得ようとする所望のマスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターン5aを形成し(図1(d))、次いで、この反転パターン付き基板の上に、所望するマスクパターンを形成する材料からなる薄膜2を堆積させた後(図1(e))、この薄膜層の表層を除去することで、薄膜層の下の反転パターン5aを露出させ(図1(f))、さらにこの露出した反転パターン5a部分を選択的に除去して、マスクパターン2a部分を残すことで(図1(g))、所望する材料により形成されたマスクパターン2aを有するフォトマスクを製造する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の露光光に対して透明な基板上に、最終的に得ようとする所望のマスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターンを形成し、次いで、この反転パターン付き基板の上に、所望するマスクパターンを形成する材料からなる薄膜層を堆積させた後、この薄膜層の表層を除去することで、薄膜層の下の方反転パターンを露出させ、さらにこの露出した反転パターン部分を選択的に除去して、マスクパターン部分を残すことで、所望する材料により形成されたマスクパターンを得ることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項2】 所望の露光光に対して透明な基板上に、最終的に得ようとする所望のマスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターンを形成し、次いで、この反転パターン付き基板の上に、所望するマスクパターンを形成する材料からなる薄膜層を堆積させた後、この薄膜層の表層を研磨により除去して、薄膜層の下の方反転パターンを露出させると同時に研磨量（研磨深さ）の制御を行うことで、所望するマスクパターンの高さに調節した後、前記露出した反転パターン部分を除去することで、所望する材料により形成されたマスクパターンを得ることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項3】 前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して完全に遮光性を有する材料からなり、得られるマスクが遮光バイナリマスクとしての機能を有していることを特徴とする請求項1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項4】 前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して3%及至20%の光半透過性と任意の屈折率を有する材料からなり、得られるマスクがハーフトーン型位相シフトマスクとしての機能を有していることを特徴とする請求項1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項5】 前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して基板材料とほぼ同等の光透過性と任意の屈折率を有する材料からなり、得られるマスクが光透過型位相シフトマスクとしての機能を有していることを特徴とする請求項1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項6】 前記反転パターンを形成する材料が、炭素を含む材料からなることを特徴とする請求項1乃至5記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記反転パターンを形成する材料が、アモルファスカーボン、アモルファス水素化カーボン、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、及びダイヤモンドから選ばれる炭素を含む材料からなり、かつ、この反転パターン形成材料を除去あるいはエッチングする際に、酸素を含むガスを用いた反応性のドライエッチングを用いることを特徴とする請求項1乃至6記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 請求項1乃至7記載のフォトマスクの製造方法を用いて作製したことを特徴とするフォトマスク。

【請求項9】 マスクパターンの高さのばらつきが、マスク全面において目標とする設計値に対し1%以内の誤差の範囲内にあり、マスクパターンの高さが均一であることを特徴とする請求項8記載のフォトマスク。

【請求項10】 マスクパターンを形成する材料が、エッチングによるパターニングが困難な材料からなることを特徴とする請求項8又は9記載のフォトマスク。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスなどの製造工程のうち、リソグラフィプロセスにおいて微細パターンの露光、転写を施す際に用いるパターニング用フォトマスクに関するものであり、特に、基板全面において、微細なマスクパターンの高さを制御し、マスク全面において均一、かつ良好なパターン転写特性を実現することを目的としたパターニング用フォトマスク及びその製法、さらには地球環境に配慮したフォトマスクの製法等に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路に代表される微細構造の製造手段として、リソグラフィプロセスは最も有効かつ一般的な手法である。このリソグラフィプロセスにおいて、所望の回路や配線パターンを微細転写するのに用いられるものが転写マスクである。転写マスクのうち最も代表的なものが光リソグラフィにおいて用いられるフォトマスクであり、今日では、コンマ数ミクロン（数百nm）のパターン転写を実現し、ASICやDRAMの生産等、半導体産業にとって欠かせない存在となっている。

【0003】これらのフォトマスク（以下、単にマスクと記す）は、光を通過させる部分と遮光する部分とで構成された遮光バイナリマスクや、光を透過させる部分と半透過させる部分で構成されたハーフトーン型位相シフトマスク、光を全面で透過させながら、光の干渉を利用して解像度の向上をねらう渋谷・レベンソン型位相シフトマスクなどに分類されるが、現状では遮光バイナリマスクの使用頻度が最も高い。

【0004】基板である石英に直接位相シフト用のパターンを彫り込むタイプの渋谷・レベンソン型位相シフトマスクを除いて、遮光バイナリマスクやハーフトーン型位相シフトマスク等は、一般的に図4に示すような工程（プロセス）で作製される。まず、石英基板などの透明基板1上に（図4（a））、スパッタ成膜や真空蒸着法などを用いて、所望の光学特性を有するマスクパターン形成材料からなる薄膜2（遮光膜や光半透過膜などの光学薄膜）を堆積させる。この状態においてマスクパターン作製のマスクブランク3となる（図4（b））。上

記で作製したマスクブランク3上に、光学薄膜2をパターンニングしてマスクパターンを形成するためのレジスト4（電子線、光レジスト等）を塗布し（図4（c））、この後、レジスト4にパターン露光、現像を施して、レジストパターン4aを形成する（図4（d））。上記で得られたレジストパターン4aをもとに、レジスト下の光学薄膜2をエッチングにより加工し、所望のマスクパターン2aを有するマスクを得る（図4（e））。通常のCr遮光膜のエッチング加工では、Cr溶解性の薬液（例えば、硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸の混合液等）による湿式現像が一般的である。最近では反応性イオンエッチングなど、ドライエッチングによる乾式現像も多く用いられている。

【0005】以上のようなプロセスを経ることから、最終製品であるマスクの性能は、マスクの前段階となるマスクブランクの品質、及びレジストプロセスによるパターンニング技術によるところが大きい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近年、半導体集積回路やメモリーなど、半導体チップにおけるパターンサイズの微細化と集積度の向上が目覚ましい。これらは単位面積あたりの回路数の増加やチップサイズの減少を可能とし、量産効果により一枚のSiウェハから得られるチップの数と性能を向上させる。しかしながら、パターンサイズの微細化と集積度の向上には、半導体チップの原版であるマスクのデザインルールの縮小が必要であり、より微細なデザインルールによる高精度な転写用マスクが要求されるようになってきている。さらに量産効果をねらう一端としては、使用するマスクのサイズの大型化も提唱されており、今後のマスク作製には高精度化に加えて、大型化を達成できる新規な製造方法が必要である。さらに、昨今では地球環境に配慮した製造プロセスの必要性も叫ばれており、従来のように製造プロセスにおいて使用する材料や発生する廃棄物（薬液、ガス）などまで考慮したプロセスでなければならない。

【0007】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、マスクの高精度化、大型化に対応し、かつ地球環境への影響を低減するよう考慮して作製されたフォトマスク及びその製造方法等の提供を目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は以下の構成としてある。

【0009】（構成1）所望の露光光に対して透明な基板上に、最終的に得ようとする所望のマスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターンを形成し、次いで、この反転パターン付き基板の上に、所望するマスクパターンを形成する材料からなる薄膜層を堆積させた後、この薄膜層の表層を除去することで、薄膜層の下の方反転パターンを露出させ、さらにこの露出した反転パターン部分を選択的に除去して、マスクパターン部

分を残すことで、所望する材料により形成されたマスクパターンを得ることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【0010】（構成2）所望の露光光に対して透明な基板上に、最終的に得ようとする所望のマスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターンを形成し、次いで、この反転パターン付き基板の上に、所望するマスクパターンを形成する材料からなる薄膜層を堆積させた後、この薄膜層の表層を研磨により除去して、薄膜層の下の方反転パターンを露出させると同時に研磨量

（研磨深さ）の制御を行うことで、所望するマスクパターンの高さに調節した後、前記露出した反転パターン部分を除去することで、所望する材料により形成されたマスクパターンを得ることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【0011】（構成3）前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して完全に遮光性を有する材料からなり、得られるマスクが遮光バイナリマスクとしての機能を有していることを特徴とする構成1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【0012】（構成4）前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して3%乃至20%の光半透過性と任意の屈折率を有する材料からなり、得られるマスクがハーフトーン型位相シフトマスクとしての機能を有していることを特徴とする構成1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【0013】（構成5）前記マスクパターンを形成する材料が、露光光に対して基板材料とほぼ同等の光透過性と任意の屈折率を有する材料からなり、得られるマスクが光透過型位相シフトマスクとしての機能を有していることを特徴とする構成1又は2記載のフォトマスクの製造方法。

【0014】（構成6）前記反転パターンを形成する材料が、炭素を含む材料からなることを特徴とする構成1乃至5記載のフォトマスクの製造方法。

【0015】（構成7）前記反転パターンを形成する材料が、アモルファスカーボン、アモルファス水素化カーボン、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）、及びダイヤモンドから選ばれる炭素を含む材料からなり、かつ、この反転パターン形成材料を除去あるいはエッチングする際に、酸素を含むガスを用いた反応性のドライエッチングを用いることを特徴とする構成1乃至6記載のフォトマスクの製造方法。

【0016】（構成8）構成1乃至7記載のフォトマスクの製造方法を用いて作製したことを特徴とするフォトマスク。

【0017】（構成9）マスクパターンの高さのばらつきが、マスク全面において目標とする設計値に対し1%以内の誤差の範囲内にあり、マスクパターンの高さが均一であることを特徴とする構成8記載のフォトマスク。

【0018】（構成10）マスクパターンを形成する材料が、エッチングによるパターンニングが困難な材料からなることを特徴とする構成8又は9記載のフォトマスク。なお、エッチングによるパターンニングが困難な材料とは、ドライエッチングあるいはウェットエッチングにおいて、エッチング速度が遅い材料、もしくは、下地材料とのエッチング選択比が得られないか又は選択比が小さい材料をいう。

【0019】

【作用】本発明のフォトマスクの製造方法では、透明基板上に反転パターンを形成し、この上にマスクパターン形成材料からなる薄膜層を堆積させた後、この堆積層の表面から化学機械研磨法（CMP法）等の方法により基板全面にわたって所望の厚さまで均一に除去した後、露出した反転パターンを除去することにより、基板全面において均一な高さを持つ所望のマスクパターンを得ることが可能となる。また、CMP等の方法により基板全面にわたって所望の厚さまで均一に除去する工程を有することで、大面積のマスク基板上においても、成膜プロセスでの膜厚の均一性に依存しない、すなわち膜厚制御の要件を大幅に緩和したマスク作製プロセスの実施が可能となる。さらに、反転パターン形成用の材料を選ぶことにより、マスク加工プロセスにおいて塩素やフッ素など地球環境に悪影響を及ぼす材料の使用を極力低減させたマスク製造プロセスの実現が可能となる。また、マスクパターン形成材料を直接的に加工するわけではないので、従来の方法ではドライエッチングができないために使用できなかった材料や従来の方法では加工精度が悪い材料でも、本発明によればマスクパターン形成材料として使用することが可能となるとともに、パターン精度も良い。以上のことから、マスクの高精度化、大型化に対応し、かつ地球環境への影響を低減できる。

【0020】また、本発明のフォトマスクによれば、マスク全面において均一かつ良好なパターン転写特性を実現できる。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明により得られるマスクは、前述の図4に示したような、マスクブランクを作製した後に、ブランク上のレジストパターンをもとにマスクパターンを透明基板上に形成する従来の方法によるものとは異なる。本発明の要件を、図1に示した製造工程の流れに沿って説明する。

【0022】まず、所望の露光光に対して透明なマスク基板（透明基板1）上に反転パターンを形成するための薄膜（以下、反転膜と記す）（反転膜5）を堆積させる（図1（a））。この後、反転膜5上にパターンニング用のレジスト4を塗布し（図1（b））、一般的なパターン描画（露光）、現像プロセスを経て、反転膜5上にレジストパターン4aを形成する（図1（c））。このレジストパターン4aは最終的に得ようとするマスクパタ

ーンに対してポジ・ネガ反転の関係にある反転パターンである。

【0023】この際、反転膜形成材料としては、レジストパターンを用いたエッチングプロセスへの適合性（レジストと反転膜とのエッチング選択比が十分であること、透明基板及びレジストと反転膜との密着性が良いこと、反転膜が熱プロセスに対して安定性があること、容易に除去可能な材料であること、など）を考慮して選択することが好ましい。エッチングによりレジストパターンを下地層へ転写する際には、パターンサイズの微細化に伴い転写精度や残留物への要求基準がますます厳しくなっていることもあり、従来のウェットエッチングによる湿式転写よりもドライエッチングによる乾式転写へと移行しつつある。したがって反転膜の実質的な材料としては、現在一般的に用いられている反応性イオンエッチングのうち、地球環境に影響の少ないガスである酸素を含んだガスを用いた反応性イオンエッチングにて容易にエッチング可能な炭素を母体とした膜材料、もしくは炭素を含む膜材料を使用することが好ましい。反転膜の好適な膜材料としては、アモルファスカーボン、アモルファス水素化カーボン、ダイヤモンドライクカーボン、ダイヤモンドなどが挙げられる。このような膜材料と石英基板の組み合わせにおいては、酸素反応性イオンエッチングで石英基板のエッチングがほとんど進行しないという特性も有効であり、パターン転写精度の均一性向上に寄与する。また、レジストとのエッチング選択比も比較的大きく設定することが可能であり、したがってレジスト性能に対して加工精度の向上が期待できる。さらに従来のように、フッ素や塩素を含むようなエッチングガスの使用が極力低減できるといった利点もあり、地球環境への負担も軽減される。

【0024】反転膜の作製法に関しては、使用する材料にもよるが、汎用性の高いスパッタ成膜法や、熱もしくはプラズマなどと併用した化学気相堆積法、あるいは真空蒸着法やイオンビーム蒸着法など、種々の薄膜形成法を適宜使用することが可能である。

【0025】本発明では、パターン転写の後、レジスト部分を除去することで、所望する設計マスクパターンに対してポジ・ネガ反転の関係にある（反転像の関係にある）反転パターン5aが得られる（図1（d））。さらに、得られた反転パターン5a上に最終的に所望するマスクパターンを形成する材料（以下、マスクパターン形成材料と記す）からなる薄膜2を堆積させる（図1（e））。この後、マスクパターン形成材料からなる薄膜2の表層から反転パターン5aの層が露出するまで均一に除去する（図1（f））。

【0026】最後に、反転パターン5aを作製したときと同様の方法にて、今度は反転パターン5aの部分のみを選択的にエッチングして除去することにより、所望の材料から成るマスクパターン2aが透明基板上に顕在化

したマスク(図1(g))が得られる。

【0027】本発明の要件の一つとして、上述のように所望するマスクパターンの反転パターンを形成しておいて、その反転パターン上に所望するマスクパターン形成材料を堆積することで、反転パターンの間の凹部を所望のマスクパターン形成材料で埋めた構造体を形成する

(図1(e))ことが挙げられる。マスクパターン形成材料の成膜に関しては、先に挙げた反転膜の成膜と同様にスパッタ成膜や熱もしくはプラズマCVD、イオンビーム蒸着あるいはスピンコートやディップコートなどが容易に用いられるが、この場合も、形成する膜材料にあわせて適宜選択すればよい。この際の特徴としては、従来のマスク製造方法のように、レジストパターンをもとに直接的にマスクパターン形成材料を加工するわけではないので、レジストとマスクパターン形成材料、あるいはマスクパターン形成材料と下地基板という組み合わせにおいて重要であった、各々の加工特性の差異は最終的なマスクパターン形成に影響を及ぼしにくい。言い換えれば、最終的なマスクパターンの形状は、その母型となる反転パターンの形状によるものであり、マスクパターンの高さ(厚さ)は、図1(f)における膜表面の均一除去により決定されるものであり、したがって、マスクパターン形成材料の選択において、加工面からの制約が大幅に軽減され、材料選択の自由度が広げられる。例えば、従来の方法ではドライエッチングやウエットエッチングによるパターンニングにおいて、エッチング速度が遅い、もしくは、下地材料とのエッチング選択比が得られない等の理由で使用できなかった材料(例えば、金などの耐蝕性の高い金属を含む材料やガラス等の複合材料など)でも、本発明によればマスクパターン形成材料として使用することが可能となる。

【0028】本発明ではマスクパターン形成材料の堆積により反転パターンの凹部を穴埋めした後、この堆積膜表面から反転パターンが露出するまで堆積膜の表層を除去するが、その方法としては、化学機械的研磨法(CMP)による平坦化が最適である(図2)。CMPを用いる場合、CMP用の定盤11に対して透明基板の裏面を基準面として貼り付けることとなるため、基準面に対して平行に、膜の表面部分を大面積かつ均一に研磨、除去することができる。

【0029】なお、CMPでは研磨する対象となる膜材料に応じて研磨剤を選択するが、例えばクロムやタングステンなどを含むマスクパターン形成材料を堆積した場合には、アルミナやシリカによる研磨砥粒に酸化剤を配合した研磨剤を用いることができる。他の材料についてもCMP用の研磨砥粒とpH調整剤の組み合わせを適宜変えて用いればよい。また、被研磨材料と研磨剤の調整により、研磨の進行速度を制御した選択的研磨を行うことも可能である。一方、平坦化技術としてはプラズマ技術を用いたエッチバックやプラズマ化学エッチングなど

も実質的に活用できるが、前述のように大面積での均一な平坦化が可能であること、表面の物理的、熱的ダメージが少ないことなどからCMPが好適である。

【0030】CMPの場合、前述のように超平坦研磨した透明基板の一方の面(裏面)を基準面として使用することも、本発明において重要な特徴である。すなわち、図3に示したように反転パターン5a上に堆積したマスクパターン形成用薄膜2の平坦性が悪くても、研磨自体は基準面に対して平行に進行する。したがって薄膜を成膜するときに要求される膜厚の均一性に関して、大幅に緩和することが可能となり、大面積でのマスク作製が容易となる。この効果は反転膜の膜厚均一性に対しても同様であり、図3に示したように、マスク全面において反転パターン5aが最終的なマスクパターンに必要な最低限の厚み(高さ)さえ有していれば、それ以上の厚さであっても支障は無い。反転パターンの高さの均一性が悪くても、CMPにより均一に除去することが可能となるためである。さらに位相シフトマスク等のように、厳密にマスクパターンの高さを制御しなければならない場合についても、これまでのようにマスクブランクを作製するときに膜厚を均一に厳密に制御するのではなく、CMPで反転パターンの部分まで含めて研磨除去することで、パターンの高さを調節できる。これにより平坦かつ均一なパターン高さの制御が可能となり、今後予想されるマスク基板の大型化に対しても、成膜プロセスの負荷を大幅に低減させることとなる。

【0031】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0032】実施例1

実施例1では石英基板上に遮光パターンを有する遮光バイナリマスクを作製した。

【0033】基板には、6インチ角で厚みが0.25インチの合成石英基板を使用した。石英基板は表裏両面がスーパーポリッシュにより超平坦加工してあるものを使用した。反転パターン形成用の薄膜には、スパッタアモルファス炭素膜を用いた。スパッタアモルファス炭素膜は、炭素を主成分とするターゲットを用いたスパッタ成膜により作製した。この際、スパッタガスとしてはArを用い、スパッタ圧力： $3 \times 10^{-3}$  Torrにおいて約130nmの厚さに成膜を行った。その後、得られたアモルファス炭素による反転膜上に、電子線用レジストを塗布し、一般的なレジストの描画、パターンニング(露光、現像)工程を施すことにより、幅800nmのラインアンドスペースからなるレジストパターンが得られた。得られたレジストパターンの反転膜への転写は酸素ガスをを用いた反応性イオンエッチング(O<sub>2</sub>RIE)にて実施した。この際のドライエッチング条件は、酸素ガス流量40: sccm、エッチング圧力: 0.1 Torr、RF出力: 150Wである。ドライエッチング後、レジスト残膜を剥離除去し、石英基板上に垂直なパター

ン形状を有するアモルファス炭素による幅800nm、高さ130nmのラインアンドスペース（反転パターン）を得た。

【0034】次の工程としては、作製した反転パターン上に所望するマスクパターン形成材料からなる薄膜を堆積する工程となるが、本実施例では、遮光バイナリマスクを作製することを目的として、Cr膜の堆積を行った。Cr膜の反転パターン上への堆積はCrターゲットを用いたスパッタ成膜により実施した。この際、スパッタガスとしてはArガスをを用い、 $1 \times 10^{-3}$ Torrの圧力下で、下地である反転パターンを完全に被覆するよう、約150nmの厚さで成膜した。本発明の特徴としてCr膜のスパッタについては、特に成膜後の面内厚み均一性に関する制限はほとんど無く、唯一、反転パターンの凹部へのステップカバレッジのみが達成できるように成膜を実施した。なお、成膜後の断面を電子顕微鏡により観察した結果、凹部は完全に埋め尽くされており、反転パターン凹部のステップカバレッジが十分であることが確認された。スパッタの条件については、ステップカバレッジ性及び堆積する膜材料の特性を満たすものであれば、上記条件に制限されるものではない。例えば堆積する膜の応力制御などを目的として、スパッタガスにキセノンやヘリウム及びこれらを含むガスや他のガスを使用してもかまわない。

【0035】次の工程として、得られたCr膜付き基板表面のCMPによる研磨除去を実施した。Cr膜付き基板表面の研磨には、シリカ粒子（10～30wt%）と分散媒（純水+pH調整剤+凝集剤：～80wt%程度）を混合して用いた。なお、研磨砥粒の材料、研磨条件（研磨速度、圧力、薬液pH、温度）などは、本実施例に限定されるものではなく、例えば、酸化マンガン系、アルミナ系、酸化セリウム系粒子などを研磨砥粒とし、これに酸化剤や各種薬液調整剤を混合して用いることができる。すなわちCMPの条件に関しては、被研磨体の材料、要求研磨状態などに応じて適宜条件を設定すればよい。本実施例におけるCMPでは、Cr膜表面から約40nmを研磨除去し、下地基板から約110nmまで薄膜を残留させ、アモルファス炭素膜からなる反転パターンとCr膜からなるマスクパターンを露出させた。

【0036】この後、研磨表面を所定の工程により洗浄し、反転パターンの除去を実施した。反転パターンの除去はレジストパターンを反転膜に転写する際に用いたのと同様に、酸素ガスを添加したO<sub>2</sub>RIEにて実施した。条件も同様である。反転パターンは主に炭素からなるために、O<sub>2</sub>RIEにて容易に除去が可能であるが、この時Crパターンはほとんどエッチングされない。したがって、完全に反転パターンの除去が終了した段階で、Crからなる所望のマスクパターンが残留したマスクを得ることができた。さらに、反転パターンの除去に

用いるO<sub>2</sub>RIEは、基板表面のクリーニングにも有効であり、例えば上記プロセスにおいて反転パターンの除去を行った後、圧力及びRF出力を調整して実施することで、O<sub>2</sub>プラズマによる表面クリーニングを一連の工程の中で連続的に実施することも可能であった。

【0037】以上により作製したCrマスクパターンからなる遮光バイナリマスクは、全面において110nmの均一なパターン高さ（厚み：誤差にして1%以内）、光学特性（光学濃度にてOD3）を有しており、高品質な遮光バイナリマスクを得ることが可能であった。

#### 【0038】実施例2

実施例2では石英基板上に光半透過型位相シフトパターンを有するハーフトーン型位相シフトマスクを作製した。

【0039】基板には、6インチ角で厚みが0.25インチの合成石英基板を使用した。石英基板は表裏両面がスーパーポリッシュにより超平坦加工してあるものを使用した。反転パターン形成用の薄膜には、実施例1と同様にスパッタアモルファス炭素膜を用いた。スパッタアモルファス炭素膜は、炭素を主成分とするターゲットを用いたスパッタ成膜により作製した。この際、スパッタガスとしてはArを用い、スパッタ圧力： $3 \times 10^{-3}$ Torrにおいて約100nmの厚さに成膜を行った。

この後、得られたアモルファス炭素による反転膜上に、電子線用レジストを塗布し、一般的なレジストの描画、パターンニング工程を施すことにより、幅800nmのラインアンドスペースからなるレジストパターンが得られた。得られたレジストパターンの反転膜への転写は酸素ガスをを用いた反応性イオンエッチング（O<sub>2</sub>RIE）にて実施した。この際のドライエッチング条件は、酸素ガス流量40:scm、エッチング圧力：0.1Torr、RF出力：150Wである。ドライエッチング後、レジスト残膜を剥離除去し、石英基板上に垂直なパターン形状を有するアモルファス炭素による幅800nm、高さ100nmのラインアンドスペース（反転パターン）を得た。

【0040】次の工程としては、作製した反転パターン上に所望するハーフトーン型位相シフトマスク用の材料からなる薄膜を堆積する工程となるが、本実施例ではハーフトーンシフター層として、TaSiN膜の堆積を行った。TaSiN膜の反転パターン上への堆積はTaSi<sub>2</sub>ターゲットを用いたスパッタ成膜により実施した。この際、スパッタガスとしてはArと窒素の混合ガスをを用い、 $3 \times 10^{-3}$ Torrの圧力下で、下地である反転パターンを完全に被覆するよう、約110nmの厚さで成膜した。位相シフター膜の場合は特に膜の屈折率と透過率が重要となるため、TaSiN膜の成膜は膜質の均質化に重点をおいて実施した。位相シフターでは屈折率以外にも膜厚の制御が非常に重要となるが、本発明の場合、膜厚に関してはCMPにより自在に制御できるた



め、シフター膜の成膜の時点では制約事項にはならなかった。その他の点では、実施例1と同様に反転パターンの凹部へのステップカバレッジのみが達成できるよう成膜を制御した。なお、成膜後の断面を電子顕微鏡により観察し、反転パターン凹部のステップカバレッジが十分であることが確認された。スパッタの条件については、ステップカバレッジ性及び堆積する膜材料の特性を満たすものであれば、上記条件に制限されるものではない。例えば堆積する膜の応力制御などを目的として、スパッタガスにキセノンやヘリウム及びこれらを含むガスや他のガスを使用してもかまわない。

【0041】次の工程として得られたTaSiN膜付き基板表面のCMPによる研磨除去を実施した。TaSiN膜付き基板表面の研磨にはアルミナ系研磨材を用いた。なお、実施例1と同様に研磨砥粒の材料、研磨条件（研磨速度、圧力、薬液pH、温度）などは、本実施例に限定されるものではなく、例えば酸化マンガン系、酸化セリウム系粒子などを研磨砥粒とし、これに酸化剤や各種薬液調整剤を混合して用いることができる。本実施例におけるCMPでは、薄膜表面から18nmを研磨除去し、下地基板から92nmまで薄膜を残留させ、アモルファス炭素膜からなる反転パターンとTaSiN膜からなるマスクパターンを露出させた。

【0042】この後、研磨表面を所定の工程により洗浄し、反転パターンの除去を実施した。反転パターンの除去は実施例1と同様である。これにより完全に反転パターンの除去が終了した段階で、TaSiNからなる所望のマスクパターンを有するマスクを得ることができた。

【0043】作製したTaSiNマスクパターンからなるハーフトーン型位相シフトマスクは、マスクを使用する露光波長193nmにおいて透過率5.0%、同じく屈折率2.05であり、位相シフト角にて180°（±1°）を達成した。また、マスク基板全面において均一なパターン高さを実現（厚み：誤差にして0.8%以内）を実現しており、マスク全面において均一な光学特性を有するハーフトーン型位相シフトマスクを得ることが可能であった。

#### 【0044】実施例3

実施例3では石英基板上に光透過型位相シフトパターンを有する渋谷・レベンソン型位相シフトマスクを作製した。

【0045】基板には、6インチ角で厚みが0.25インチの合成石英基板を使用した。石英基板は表裏両面がスーパーポリッシュにより超平坦加工してあるものを使用した。反転パターン形成用の薄膜には、実施例1と同様にスパッタアモルファス炭素膜を用いた。スパッタアモルファス炭素膜は、炭素を主成分とするターゲットを用いたスパッタ成膜により作製した。この際、スパッタガスとしてはArを用い、スパッタ圧力：3×10<sup>-3</sup>Torrにおいて約260nmの厚さに成膜を行った。

この後、得られたアモルファス炭素による反転膜上に、電子線用レジストを塗布し、一般的なレジストの描画、パターンニング工程を施すことにより、幅1000nmのラインアンドスペースからなるレジストパターンが得られた。得られたレジストパターンの反転膜への転写は酸素ガスをを用いた反応性イオンエッチング（O<sub>2</sub>RIE）にて実施した。この際のドライエッチング条件は、酸素ガス流量30:scm、エッチング圧力：0.1Torr、RF出力：150Wである。ドライエッチング後、レジスト残膜を剝離除去し、石英基板上に垂直なパターン形状を有するアモルファス炭素による幅1000nm、高さ260nmのラインアンドスペース（反転パターン）を得た。

【0046】次の工程としては、作製した反転パターン上に渋谷・レベンソン型位相シフトマスク用の材料からなる薄膜を堆積する工程となるが、本実施例では光透過率を考慮し、位相シフター層として、SiO<sub>x</sub>膜の堆積を行った。ここで用いるxは、膜の平均的構造状態を表し、1または2である。SiO<sub>x</sub>膜の反転パターン上への堆積はSiターゲットを用いた酸素ガス添加による反応性スパッタ成膜により実施した。この際、スパッタガスとしてはArと酸素の混合ガスをを用い、3×10<sup>-3</sup>Torrの圧力下で、下地である反転パターンを完全に被覆するよう、約300nmの厚さで成膜した。位相シフター膜の場合は特に膜の屈折率と透過率が重要となるため、SiO<sub>x</sub>膜の成膜は膜質の均質化に重点をおいて実施した。位相シフターでは屈折率以外にも膜厚の制御が非常に重要となるが、本発明の場合、膜厚に関してはCMPにより自在に制御できるため、シフター膜の成膜の時点では制約事項にはならなかった。その他の点では、実施例1と同様に反転パターンの凹部へのステップカバレッジのみが達成できるよう成膜を制御した。なお、成膜後の断面を電子顕微鏡により観察し、反転パターン凹部のステップカバレッジが十分であることが確認された。スパッタの条件については、ステップカバレッジ性及び堆積する膜材料の特性を満たすものであれば、上記条件に制限されるものではない。例えば堆積する膜の応力制御などを目的として、スパッタガスにキセノンやヘリウム及びこれらを含むガスや他のガスを使用してもかまわない。

【0047】次の工程として得られたSiO<sub>x</sub>膜付き基板表面のCMPによる研磨除去を実施した。SiO<sub>x</sub>膜付き基板表面の研磨には二酸化マンガン系研磨材を用いた。なお、実施例1及び2と同様に研磨砥粒の材料、研磨条件（研磨速度、圧力、薬液pH、温度）などは、本実施例に限定されるものではない。本実施例におけるCMPでは、薄膜表面から52nmを研磨除去し、下地基板から248nmまで薄膜を残留させ、アモルファス炭素膜からなる反転パターンとSiO<sub>x</sub>膜からなるマスクパターンを露出させた。

【0048】この後、研磨表面を所定の工程により洗浄し、反転パターンの除去を実施した。反転パターンの除去は実施例1と同様である。これにより完全に反転パターンの除去が終了した段階で、SiO<sub>x</sub>からなる所望のマスクパターンからなるマスクを得ることができた。

【0049】作製したSiO<sub>x</sub>マスクパターンからなる渋谷・レベンソン型位相シフトマスクは、マスクを使用する露光波長248nmにおいて透過率89.0%、同じく屈折率1.50であり、位相シフト角にて180°(±1.5°)を達成した。また、マスク基板全面において均一なパターン高さを実現(厚み:誤差にして0.8%以内)を実現しており、マスク全面において均一な光学特性を有する渋谷・レベンソン型位相シフトマスクを得ることが可能であった。

#### 【0050】実施例4

その他の実施例としては、透明基板上に設ける反転膜として、プラズマCVDを用いたダイヤモンドライクカーボン、スパッタ成膜によるアモルファス水素化カーボンなどを用いたこと以外は実施例1~3と同様にして評価したが、実施例1~3と同様に良好な結果を得ることが可能であった。

#### 【0051】実施例5

透明基板として、大型基板(9インチ=230mm角)を用いたこと以外は実施例1~4と同様にして評価したが、実施例1~4と同様に良好な結果を得ることが可能であった。すなわち、基板が大型化しても、マスクパターンの高さのばらつきが、マスク全面において設計値に対し1%以内の誤差の範囲内にあり、マスクパターンの高さが均一であって、かつ高精度なマスクが得られた。

#### 【0052】比較例

比較のため、通常マスク作製プロセスを用いて、上記実施例と同様のマスクパターン形成材料からなる遮光マスク、ハーフトーン型位相シフトマスク、渋谷・レベンソン型位相シフトマスクを試作した。遮光マスクの場合には、作製した遮光マスクの性能自体には顕著な差は見られなかったが、そのマスク媒体であるCr膜の加工において湿式エッチングの場合は硝酸第2セリウムアンモニウムと過塩素酸の混合液、乾式エッチングの場合にはCl<sub>2</sub>ガスを使用せざるを得なかった。また、基板が大型になるにつれ高精度マスクの製造は困難であった。ハーフトーン型位相シフトマスク及び渋谷・レベンソン型位相シフトマスクの場合には、マスク面内の光学特性分布、膜厚分布において、本発明を適用した場合に比べて誤差が大きくなった。また、マスクとしての位相シフト特性保証まで含めた歩留まりは、本発明を適用した場合に比べて低下した。

【0053】以上好ましい実施例をあげて本発明を説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。

【0054】例えば、透明基板としては、石英基板以外

に、ソーダライムガラス基板、シリコンカーバイド基板、ガリウム・ヒ素基板などのマスク基板として公知の基板を使用することができる。

【0055】また、反転パターン上へのマスクパターン形成材料の堆積は、反転パターンを完全に被覆するように反転パターンを越える高さで行ったが、反転パターンの凹部が一定の高さまで完全に埋め尽くされていれば、反転パターンより低い高さ、あるいは、反転パターンと同じ高さにマスクパターン形成材料を堆積させることもできる。

#### 【0056】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明のフォトマスクの製造方法によれば、透明基板上に反転パターンを形成し、この上にマスクパターン形成材料からなる薄膜層を堆積させた後、この堆積層の表面からCMP等の方法により基板全面にわたって所望の厚さまで均一に除去した後、露出した反転パターンを除去することにより、基板全面において均一な高さを持つ所望のマスクパターンを得ることが可能となる。また、大面積のマスク基板上においても、成膜プロセスでの膜厚の均一性に依存しない、すなわち膜厚制御の要件を大幅に緩和したマスク作製プロセスの実施が可能となる。さらに、反転パターン形成用の材料を選ぶことにより、マスク加工プロセスにおいて塩素やフッ素など地球環境に悪影響を及ぼす材料の使用を極力低減させたマスク製造プロセスの実現が可能となる。また、反転パターン形成用の材料を選ぶことにより、高精度な反転パターンを形成できる結果としてマスクのパターン転写精度の均一性向上が図れるとともに、レジスト性能に対する加工精度の向上も図ることができる。以上のことから、マスクの高精度化、大型化に対応でき、かつ地球環境への影響を低減できる。

【0057】また、本発明のフォトマスクによれば、マスク全面において均一かつ良好なパターン転写特性を実現できる。さらに、エッチングによるパターニングが困難な材料からなるマスクパターンを有するフォトマスクを実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるマスク製造工程を説明するための模式的断面図である。

【図2】本発明における薄膜堆積基板の表面層の除去の様子を説明するための模式的断面図である。

【図3】本発明において反転パターンの厚み及びマスクパターン形成用薄膜の膜厚が不均一な場合の薄膜堆積基板の表面層の除去の様子を説明するための模式的断面図である。

【図4】従来の一般的なマスク製造工程を示す模式的断面図である。

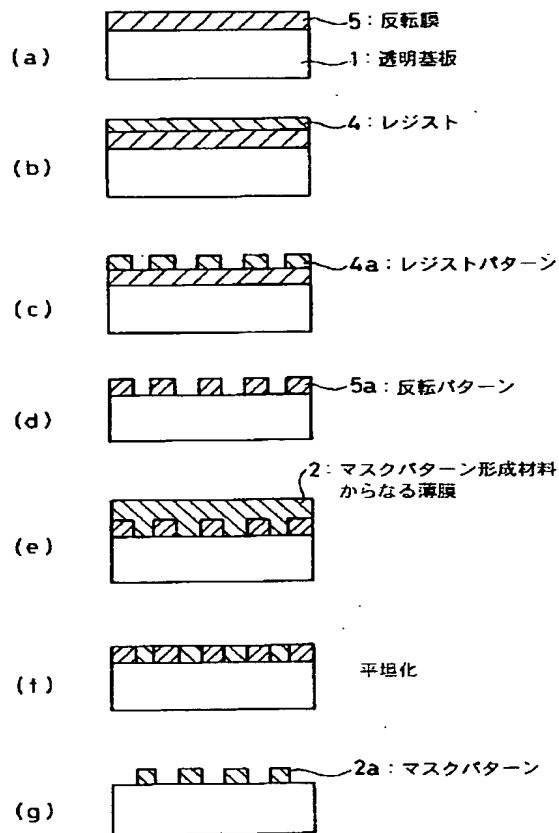
#### 【符号の説明】

- 1 透明基板
- 2 マスクパターン形成材料からなる薄膜

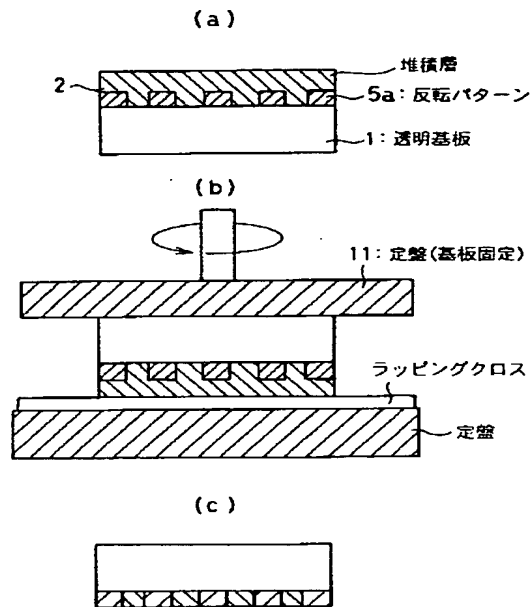
- 2 a マスクパターン  
3 マスクブランク  
4 レジスト

- 4 a レジストパターン  
5 反転膜  
5 a 反転パターン

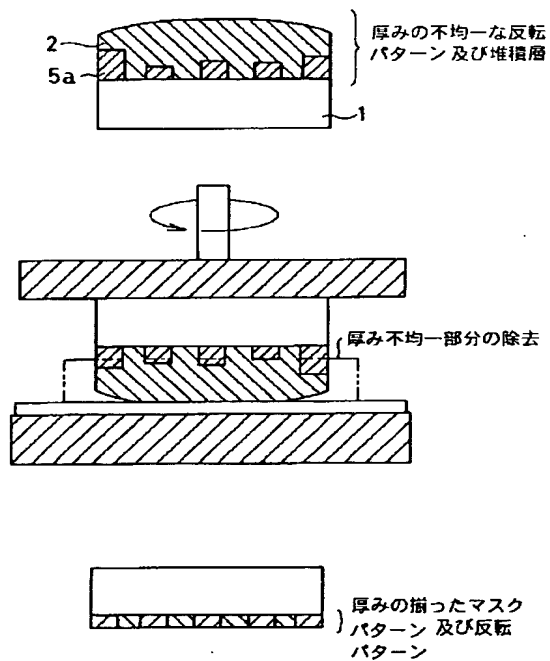
【図1】



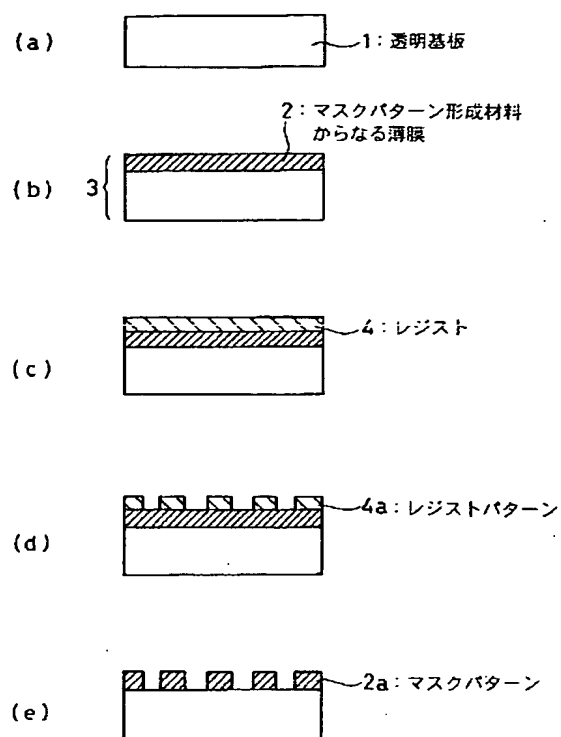
【図2】



【図3】



【図 4】




---

フロントページの続き

(72) 発明者 野澤 順  
東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 ホー  
ヤ株式会社内

F ターム (参考) 2H095 BB03 BB16 BC05  
5F046 AA25 BA08 CB17